植物生理

輻射光譜層析在農業上的應用

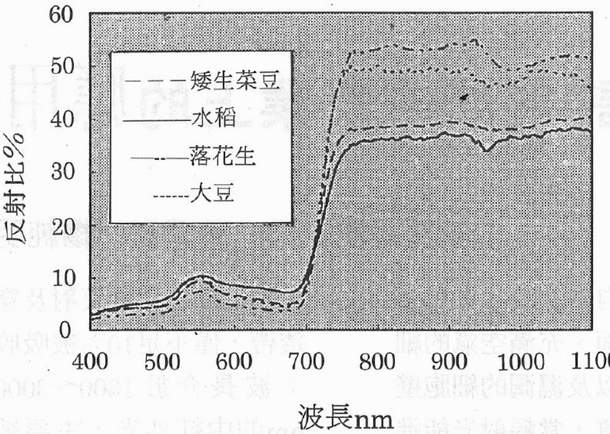
◎農試所農藝系　蘇慕容　楊純明

就光學特性而言，太陽光（或稱日照輻射）同時具有光度(photometric)與光輻射(radiometric)兩種性質，後者又可分爲光質（譜）及光能（其實太陽光屬於連續性光譜，任何波長其能量與溫度有關）兩項。光質（譜）若以電磁波波長來劃分，大氣層以外的太陽光，自宇宙射線（＜10～12公分）至長輻射電磁波（＞10～2公分）的範圍中，經由大氣層攔截後（攔截物質包括甲烷、氮氧化物、氧、臭氧、二氧化碳及水蒸氣等），到達地面的光大部分爲可見光與近紅外光及少量的紫外光，在植物光能的利用上，僅可見光可以轉換爲激發光合作用所須的電能。

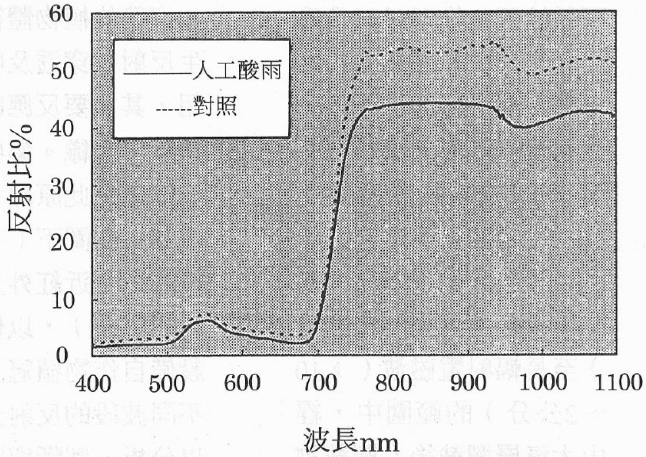
根據可考夫定律（Kirchoff's Law），任何灰體（gray body），對輻射的吸收率（absorptivity）、反射率（reflectivity）及穿透率（transmissivity）之和等於1，此條件必須在同一波長下才成立。植物本身是一自然灰體，具有不規則表面、充滿空氣的細胞間隙以及濕潤的細胞壁及細胞質，當輻射光能進入複雜的植物體後，會產生反射、穿透及吸收等作用，其主要反應的部位即是葉片組織。輻射光譜層析即運用此原理，在某特定波長範圍下（一般包含可見光、近紅外光及中波段紅外光），以偵測儀器設備自作物植冠上方測定不同波段的反射光譜，據以分析、判斷與區別作物輻射光譜特徵，而評估其與作物生長及環境交感的關係。

前述太陽輻射能量所對應的光譜波長當中，僅有極小部分的可見光波段（350～700nm）被植物綠色且健康的葉片中的葉綠體及其他細胞色素吸收利用，故此波段的反射比極低，其中呈現高峰的綠色波段約爲10～20%，其他藍色及紅色波段區域則被大量吸收後僅餘2～5%的反射比；波長介於700～1300nm之近紅外光，由於受到葉片柵狀組織的反射，而呈現強反射及穿透帶，僅不足10%被吸收；波長介於1300～3000nm的中紅外光，主要被葉片中的水分吸收，反射比亦低。

應用光譜層析設備測定作物植冠反射光譜，目前有太空梭遙測、衛星遙測、飛機航測等多種，也可以利用地面低高度測定（背負攜帶或腳架架設）。衛星遙測目前空間解析力最佳者爲20×20公尺，航測則視飛行高度而定，利用地面低高度進行地面影像資料鑑別時可以輔助高空測定的判斷標準及參考。圖一以地面低高度的測定，顯示四種作物的輻射光譜反射比，在可見光範圍中，四種作物之間差別在5%以內；在近紅外光範圍，四種作物其間的差距增加，最高達20%。因此善用此一特性，將可建立各種作物的特定輻射光譜圖譜，對於將來衛星遙測或航測對作物種類的判別大有助益。不過必須注意的事項，作物不同生育階段及營養狀態將會影



圖一　四種作物輻射光譜層析之反射比



圖二　落花生人工模擬酸雨處理與對照植株經輻射光譜層析所得之反射比

響光譜的反射，這是在應用上必須小心及克服的。

在各種作物遭遇環境逆境（例如病蟲害、水災、旱災、風災、霜害、空氣污染災害等）後，也可以利用輻射光譜層析原理，判斷作物受害的程度及範圍。圖二係在人工模擬酸雨（pH＝2.8）連續處理落花生12天後，植冠輻射光譜反射比的改變，與對照相較，最大的差別在於近紅外光範圍，可見光反射比的差異則不明顯。同樣的，逆境的鑑別也須要注意排除前述的干擾因素，才能獲得眞正的逆境效應。

由於整個植冠並非光滑平面體，因此光譜的測定之中，植冠的立體結構（例如葉面積、葉片角度及分布）爲主要決定因素，當然葉齡、老化現象及葉片組織的差異也是重要影響因素，相對照光（太陽角度）及儀器觀測角度也造成植冠反射及穿透的複雜化。此外植冠以下土壤的構造（包括土壤水分、有機質含量及殘葉的覆蓋等），也能影響植冠反射率的測定與區別。綜合上述，作物植冠輻射光譜的測定過程有甚多影響因子必須考慮，也增加分析及判讀的困難，然而其應用的效（速）率確也極高，倘能建立更多的資料，累積更豐富的經驗，將來一定能成爲廣域的生態及逆境災害判別的極佳利器。